

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 04-136854

(43)Date of publication of application : 11.05.1992

(51)Int.Cl.

G03F 1/08
G03F 1/14
H01L 21/027

(21)Application number : 02-256983

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 28.09.1990

(72)Inventor : HASEGAWA NORIO
TANAKA TOSHIHIKO**(54) PHOTOMASK AND PRODUCTION THEREOF, FORMATION OF PATTERN BY USING THIS METHOD AND PHOTOMASK BLANK****(57)Abstract:**

PURPOSE: To allow the formation of fine patterns and to lower the generation rate of resolution defects by adopting the constitution to provide a specific phase difference of the light passing translucent regions and light passing transparent regions and specifying the patterns of the transparent regions to prescribed patterns.

CONSTITUTION: This mask is provided with the regions 4 translucent to exposing light and the regions 3 transparent thereto and is so constituted that the phase difference of the light respectively passing the regions 4 and the regions 3 is substantially 180° C.

The pattern in the regions 3 is specified to the pattern in a single hole, dot, space or line. The transmissivity of the exposing light of the regions 4 is preferably specified to a 1% to 50% range when the transmissivity of the exposing light of the regions 3 is designated as 100%. The thickness (t) of the film 4 is so adjusted as to attain the relation $t = \lambda / a(n-1)$

(where λ is the wavelength of the exposing light; (n) is the refractive index of the translucent film; (a) is the value in a $1.3 \leq a \leq 4$ range).

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平4-136854

⑬ Int.Cl.³

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成4年(1992)5月11日

G 03 F 1/08
H 01 L 21/027A 7369-2H
A 7369-2H

7352-4M H 01 L 21/30 3 0 1 P

審査請求 未請求 請求項の数 12 (全7頁)

⑮ 発明の名称 ホトマスク、その製造方法、それを用いたパターン形成方法、ホトマスクブランクス

⑯ 特 願 平2-256983

⑰ 出 願 平2(1990)9月28日

⑱ 発 明 者 長 谷 川 昇 雄 東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内

⑲ 発 明 者 田 中 稔 彦 東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内

⑳ 出 願 人 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地

㉑ 代 理 人 弁理士 澤田 利幸 外1名

明 細 書

1. 発明の名称

ホトマスク、その製造方法、それを用いたパターン形成方法、ホトマスクブランクス

2. 特許請求の範囲

1. 透明基板上に、露光光に対して半透明な領域と、透明な領域とを少なくとも有し、該半透明な領域と、該透明な領域とをそれぞれ透過する光の位相差が実質的に180°となる構造とし、該透明な領域のパターンは、点一なホール、ドット、スペース又はラインのパターンであることを特徴とするホトマスク。

2. 請求項1記載のホトマスクにおいて、上記半透明な領域の露光光の透過率が、透明な領域の露光光の透過率を100%としたとき、1%から50%の範囲にあることを特徴とするホトマスク。

3. 透明基板上に、不透明な領域と、半透明な領域と、透明な領域とを有し、該半透明な領域と

該透明な領域とをそれぞれ透過する光の位相差が実質的に180°となる構造とし、該透明な領域のパターンは、点一なホール、ドット、スペース又はラインのパターンであることを特徴とするホトマスク。

4. 請求項3記載のホトマスクにおいて、上記半透明な領域の露光光の透過率が、透明な領域の露光光の透過率を100%としたとき、1%から50%の範囲にあることを特徴とするホトマスク。

5. 透明基板上に、露光光に対し半透明な膜を少なくとも1層含む半透明層を形成する工程及び該半透明層の所望の部分を除く、該半透明層を所望のパターンとする工程を有することを特徴とする請求項1又は2記載のホトマスクの製造方法。

6. 透明基板上に、エッチングストップ層を形成する工程、該エッチングストップ層上に露光光に対し半透明な膜を少なくとも1層含む半透明層を形成する工程及び該半透明層の所望の部分

特開平 4-136854(2)

を除去し、該半透明層を所望のパターンとする工程を有することと特徴とする請求項1又は2記載のホトマスクの製造方法。

7. 透明基板上に、半透明膜を形成する工程、該半透明膜を所望のパターンに除去する工程及び露出した該透明基板を所望の露出に除去する工程を有することと特徴とする請求項1又は2記載のホトマスクの製造方法。

8. 透明基板上に、半透明を膜の少なくとも1層を含む半透明層を有し、かつ、該半透明層は同地光に対して透過率が1%から30%の範囲であり、該半透明層を形成する膜の順序は、

$$\sum_{i=1}^n [(n_i-1) d_i] \leq 4 \lambda$$

(ただし、 d_i 及び n_i は半透明層を形成するi番目の膜の厚さ及び屈折率、 n は半透明層を形成する膜の数、 λ は露光光の波長、 ϕ は $1/4 \leq \phi \leq 3/4$ の範囲の値である)の関係を満たすことを特徴とするホトマスクブランクス。

9. 請求項8記載のホトマスクブランクスにおいて

で、上記半透明層は、さらに透明な膜の少なくとも1層を含む複合膜であることを特徴とするホトマスクブランクス。

10. 請求項8又は9記載のホトマスクブランクスにおいて、上記透明基板と上記半透明層との間に導電性層を設けたことを特徴とするホトマスクブランクス。

11. 請求項8、9又は10記載のホトマスクブランクスにおいて、上記半透明な膜は、厚み40nm以下の膜よりなる膜であることを特徴とするホトマスクブランクス。

12. 基板上に感光性材料の露光を有する試料を露光する工程と、請求項1から4のいずれかに記載のホトマスクを介して、該試料を所望の波長の光で照射する工程と、該試料を現像し、該感光性材料のパターンを形成することを特徴とするパターン形成方法。

3. 発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

本発明は半導体装置等の製造に用いるホトマス

- 3 -

ク、特に照明光の位相を変えろ処理を施したホトマスク、その製造方法、それを開いたパターン露光方法及びこのホトマスクを製造するためのホトマスクブランクスに関する。

〔従来の技術〕

マスクパターンを転写する露光装置の解像力を向上させる従来の技術のひとつとして、マスク透過光に位相を導入する方法がある。例えば特開昭62-50811号では、不透明部をばさむ両側の光透過部の少なくとも一方に位相を変えろ透明部を形成している。この方法によれば従来の同一のレンズで解像度を格段に高めることが出来る。

また、特開昭62-67547では、単一の光透過部の解像度向上手段として、上記単一の光透過部の両側に透過光の位相を反転した解像限界以下の光透過部を設けている。

さらにまた、特開昭53-5572には、同近距離が低レベルの安定なホトマスクとして、光透過部と半透明部とに位相差をなえたホトマスクが提案されている。

- 5 -

〔発明が解決しようとする課題〕

上記従来の技術においては、通常の透過型マスクを作成した後、透過光の位相を変えろための透明膜、いわゆる位相シフトを形成する必要がある。さらに、上記位相シフトは隣合った透過部と透過する光の位相が互いに反転するように配置する必要がある。従って、複雑な素子パターンへの位相シフトの配置では、シフトの配置が困難な場合等が発生し、初歩よくシフトを配置するには、試行錯誤や高度な検討が必要であり、多大な労力が必要であった。

また、マスクの製造工程も従来の比へ倍増しており、工費増に伴う欠陥の発生や歩留まり低下が大きな問題となっていた。また、透明膜の欠陥の修正も多くの労力が必要であり、実用化の大きな障害になっていた。

本発明の目的は、複雑なパターンが形成でき、解像不良の発生率を減少できるホトマスクを提供することにある。

本発明の第2の目的は、そのホトマスクを製造

- 6 -

特開平 4-136854(3)

する方法を提供することにある。

本発明の第3の目的は、そのホトマスクを製造するためのホトマスクブランクスを提供することにある。

本発明の第4の目的は、そのホトマスクを用いたパターン形成方法を提供することにある。

(製造を簡便するための手段)

上記目的は、(1)透明基板上に、露光光に対して半透明な領域と、透明な領域とを少なくとも有し、該半透明な領域と、該透明な領域とをそれぞれ透過する光の位相差が実質的に180°となる構造とし、該透明な領域のパターンは、単一なホール、ドット、スペース又はラインのパターンであることを特徴とするホトマスク、(2)上記1記載のホトマスクにおいて、上記半透明な領域の露光光の透過率が、透明な領域の露光光の透過率を100%としたとき、1%から50%の範囲にあることを特徴とするホトマスク、(3)透明基板上に、半透明な領域と、半透明な領域と、透明な領域とを有し、該半透明な領域と、該透明な領域

とをそれぞれ透過する光の位相差が実質的に

180°となる構造とし、該透明な領域のパターンは、単一なホール、ドット、スペース又はラインのパターンであることを特徴とするホトマスク、

(4)上記3記載のホトマスクにおいて、上記半透明な領域の露光光の透過率が、透明な領域の露光光の透過率を100%としたとき、1%から50%の範囲にあることを特徴とするホトマスクによって達成される。

上記第2の目的は、(3)透明基板上に、露光光に対して半透明な膜を少なくとも1層含む半透明層を形成する工程及び該半透明層の所望の部分を除去し、該半透明層を所望のパターンとする工程を有することを特徴とする上記1又は2記載のホトマスクの製造方法、(6)透明基板上に、エッチングストップ層を形成する工程、該エッチングストップ層上に露光光に対して半透明な膜を少なくとも1層含む半透明層を形成する工程及び該半透明層の所望の部分を除去し、該半透明層を所望のパターンとする工程を有することを特徴とする上記1

又は2記載のホトマスクの製造方法、(7)透明基板上に、半透明層を形成する工程、該半透明層を所望のパターンに除去する工程及び露出した該透明基板を所望の厚さに除去する工程を有することを特徴とする上記1又は2記載のホトマスクの製造方法によって達成される。

上記第3の目的は、(8)透明基板上に、半透明な膜の少なくとも1層を含む半透明層を有し、かつ、該半透明層は露光光に対して透過率が1%から50%の範囲であり、該半透明層を形成する膜の膜厚は、

$$\sum_{i=1}^n (n_i - 1) d_i = 0.2$$

(ただし、 d_i 及び n_i は半透明層を構成するi番目の膜の厚さ及び屈折率、 n は半透明層を構成する膜の数、 λ は露光光の波長、 ϕ は $1/4 \leq \phi \leq 3/4$ の範囲の値である)の関係を満たすことを特徴とするホトマスクブランクス、(9)上記1記載のホトマスクブランクスにおいて、上記半透明層は、さらに透明な膜の少なくとも1層を含む

複合膜であることを特徴とするホトマスクブランクス、(10)上記1又は2記載のホトマスクブランクスにおいて、上記透明基板と上記半透明膜との間に導電性薄膜を設けたことを特徴とするホトマスクブランクス、(11)上記1、2又は10記載のホトマスクブランクスにおいて、上記半透明な膜は、厚み40nm以下の膜よりなる膜であることを特徴とするホトマスクブランクスによって達成される。

上記第1の目的は、(12)基板上に導電性材料の薄膜を有する試料を準備する工程と、上記1から4のいずれかに記載のホトマスクを介して、該試料を所望の波長の光で露光する工程と、該試料を現像し、該感光性材料のパターンを形成することを特徴とするパターン形成方法によって達成される。

上記(5)(6)(8)(9)(10)における半透明層とは、半透明な膜の少なくとも1層を有するものであり、他にさらに透明な膜を含む複合膜であってもよい。すなわち、この半透明層全体

特開平 4-136854(4)

として半透明であり、かつ透明な領域との間に上記位相差を生じさせればよい。

〔作用〕

半透明部から通過した光は、光透過部を通過した光に対して位相が反転しているため、その境界部で位相が反転し、境界部での光強度が0に近づく。これにより、相対的に光透過部を通過した光の強度と、パターン境界部の光強度の比は大きくなり従来法に比べコントラストの高い光強度分布が得られる。

これについて図面を用いて説明する。まず従来法を第2図を用いて説明する。第2例(e)は従来法のパターンの断面図を示し、1はガラス基板、2は透光性のレジスト層である。光透過部3を通過した光の強度分布は、第2図(f)に示すように同一符号である。この光をレンズを通してウエハ上に投影すると、第2図(g)に示すように、透光部直下まで光強度が広がった分布となる。従って、従来法では微細なパターンを形成することが困難であった。

- 11 -

本発明の第1の実施例のパターンの断面図として第1図(a)で示す構造のものを製造した。第1図(e)はパターンの断面図を示す。1はガラス基板、4は半透明膜である。半透明膜4の膜厚は、

$$t = \lambda / 2(n - 1)$$

(ただし、 λ は露光光の波長、 n は半透明膜の屈折率、 t は) $3 \leq n \leq 4$ の範囲の値である) の関係となるように調整した。露光波長は水銀ランプのi線(365nm)を用いた。ここで半透明膜4には透明ガラスに感光剤を添加したものをを用いた。このガラスの露光光に対する屈折率は約1.45であったので、透明ガラスの膜厚は約420nmとした。また、この時露光光の透過率が15%となるよう感光剤の添加量を調整した。なお、上記透過率の設定は、使用するレジストの感度、露光特性を考慮し、決定する必要がある。15%に達しないが本発明の効果を得るには1%以上が望ましい。さらに透過率の上限は実用的なプロセスのばらつき等を考慮すると50%程度が望ましいが、これ以上でも効果は得られる。より

- 12 -

これに代りして本発明を第1図で説明する。第1図(a)は本発明のパターンの断面図である。1はガラス基板、4は半透明膜である。半透明膜4の膜厚は、

$$t = \lambda / 2(n - 1)$$

(ただし、 λ は露光光の波長、 n は半透明膜の屈折率、 t は) $3 \leq n \leq 4$ の範囲の値である) の関係となるように調整する。このマスクを透過した光の強度分布は、第1図(f)に示すように光透過部3を通過した光が正の符号であるのに対し、半透明膜4を通過した光の位相は反転し負の符号となる。この光をレンズを通してウエハ上に投影すると、第1図(g)に示すように、光透過部3と半透明膜4の境界で位相反転しているため、その直下で光強度はほぼ0となる。そのため光強度分布の広がりが抑えられ、コントラストの高い微細なパターンが形成できる。

〔実施例〕

以下、本発明の実施例を説明する。

(実施例1)

- 12 -

効果的なのは5から30%の範囲である。透明な領域のパターンは、線、点、ドット、スペース又はラインのパターンをそれぞれ形成した。

また、本発明の効果を得るには半透明膜の膜厚は

$$t = \lambda / 2(n - 1)$$

における n が1.3から4.0の範囲の値である。この範囲以外でも微かながらコントラスト向上効果は得られる。また、半透明膜4の材料は透明ガラスに限らず、有機膜、無機膜等所望の透過率が得られ、かつ透過した光の位相が光透過部3を通過した光の位相に対しては反転できれば、如何なる材料でも適用可能である。また、マスクの構造は上記実施例では半透明膜4を単一の膜で構成したが、これに限らない。

このマスクを用いることにより、透過光の光強度は、第1図(g)に示すように、光透過部3と半透明膜4の境界の直下で光強度はほぼ0となり、そのため光強度分布の広がりが抑えられ、コントラストの高い微細なパターンが形成された。

- 14 -

特開平 4-136854(5)

(実施例 2)

第 2 の実施例は、第 3 図に示すように半透明膜の構成を多層膜とした。ガラス基板 1 上に薄い Cr 膜 2 と透明ガラス膜 7 を堆積し、所望のパターン部を除いた。この場合は、薄い Cr 膜 2 で透過率を 1% に調整し、透明ガラス膜 7 で透過率との位相差を調整した。薄い Cr 膜 2 の露光光に対する透過率は 1 から 50% の範囲であればよい。透明ガラス膜 7 の膜厚は上記第 1 の実施例で示した半透明膜 4 の膜厚制限とはほぼ同じでもよいが、さらに高精度に 180° の位相差を設定するため、薄い Cr 膜 2 を透過する光の位相ずれも考慮した。即ち、この実施例では半透明膜は薄い Cr 膜 2 と透明ガラス膜 7 とよりなり、薄い Cr 膜 2 の厚みは透過率を 1% となるように定め、透明ガラス膜 7 の厚みを

$$\sum_{i=1}^m [(n_i - 1) d_i] = \theta \lambda$$

(ただし、 d_i 及び n_i は半透明膜を構成する i 番目の膜の厚さ及び屈折率、 m は半透明膜を構成す

る膜の数でこの実施例では 2、 λ は露光光の波長、 θ は $1/4$ 又は $3/4$ の波長の値である) の関係を満たすようにした。この構造でも実施例 1 と同じ効果が得られた。

(実施例 3)

第 3 の実施例では、第 4 図に示すように、ガラス基板 1 上に、薄い Cr 膜 2 を形成し、この薄い Cr 膜 2 を所望のパターンに除去し、しかる後ガラス基板を所望の深さにエッチングした。薄い Cr 膜の膜厚は 40 nm 以下とし、露光光に対する透過率を上記第 1 の実施例で示したように 1 から 50% の範囲に調整することが好ましい。この実施例では 1% とした。エッチング深さは、上記第 2 の実施例で示した透明ガラス膜の膜厚制限と同じく、高精度に 180° の位相差を設定するために、薄い Cr 膜 2 を透過する光の位相ずれも考慮して定めた。

また、ガラス基板 1 のエッチング深さの制御が困難な場合には、第 5 図に示すような構造にすれば良い。ガラス基板 1 上に、100 nm 以下の透明

- 15 -

- 16 -

なエッチングストップバ 8 を設け、その上に透明膜 9、その上に薄い Cr 膜 2 を設けてある。第 4 図及び第 5 図の構造でも実施例 1 と同じ効果が得られた。

(実施例 4)

第 4 の実施例は、第 1 の実施例の加工上の問題を対応した構造である。第 1 図の半透明膜 4 は透明ガラスを用いたが、この材料とガラス基板 1 はほぼ同じ材質であり、半透明膜 4 をフッ化水素酸系の溶液等でエッチングする場合や、CF₄ 系のガス等を用いたドライエッチングで加工する場合、十分な選択性がとれない。従って、高度なエッチング制御が必要となる。これに対し、本実施例は、第 6 図に示すように、ガラス基板 1 と半透明膜 4 の間にエッチングストップバ 8 を配置した。ここでは、シリコン酸化膜を用いたがこれに限らない。

また、ガラス基板 1 に遮光材料がない場合は、電子線でのパターン形成でチャージアップ現象が発生し、パターンの位置ずれ等の問題が生じるので、

エッチングストップバ 8 を (ITO 膜等の遮光膜とすることも有効である。その他の方法でチャージアップを防止する場合は、遮光膜を用いる必要はない。半透明膜 4 の膜厚については前記と同様にした。

以上のように本発明のマスク構造は、光透過部と半透明部を透過する光の位相が反転するように調整されていることが必要である。また、通常のマスク又は従来の位相シフト型マスクと同一基板内に本発明の構造を組合せることも有効である。即ち、露光領域とマスクの位相を調整するために用いる合わせマーク部やマスクとウエハの位置を露合するための用いる検出窓パターンを通常の露光器で形成したところ、半透明膜を用いたときよりも検出信号は高い S/N 比が得られた。

また、本発明の効果はホールパターンの形成に有効であり、従来 0.5 μm 程度のホールパターンの形成が限界だった光學系で、4 μm 程度のホールパターンが形成できた。さらに、露光位相ずれによる露光度変化も小さいことも確認できた。

- 17 -

- 605 -

- 18 -

特開平 4-136854(6)

また、上記各実施例で示した本発明のホトマスクを半導体素子の電極配線通孔の形成に用いたところ、今までより0.1 μm小さい通孔が形成できた。さらに熱点温度の向上に伴い、解像不良の発生率も大幅に改善できた。

また、言うまでもないが、本発明の効率は露光波長によらない。上記実施例では露光波長にi線(835 nm)を用いた例を示したが、この波長に限らない。g線(436 nm)、KrFエキシマレーザ光、ArFエキシマレーザ光等でも同様の結果が得られた。

〔発明の効用〕

本発明によれば、従来の透過型マスクに比べ鋭細なパターンが形成できた。またホトマスクの作成工程も従来の透過型マスクとほぼ同じであり、従来の反射型マスクに比べ大幅にコストの削減化が図れた。

また、本発明のホトマスクを用いて半導体素子を作成した結果、従来のホトマスクに比べパターンの微細化が実現でき、素子面積の最小化が実現

できた。さらに熱点温度の向上に伴い、解像不良の発生率も大幅に改善できた。

4. 図面の簡単な説明

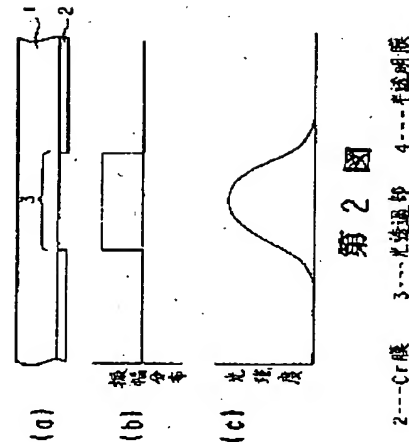
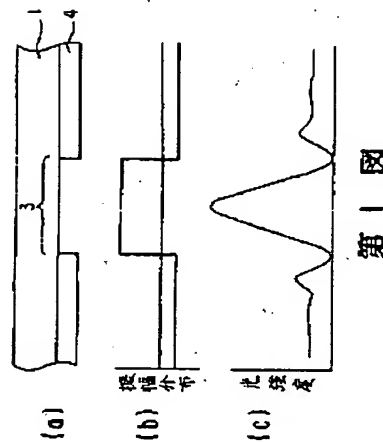
第1図は本発明の一実施例のホトマスクの断面図、透過光の振幅分布図及び光強度図。第2図は従来のホトマスクの断面図、透過光の振幅分布図及び光強度図。第3図、第4図、第5図、第6図は本発明の他の実施例の断面図である。

- | | |
|-------------|----------|
| 1…ガラス基板 | 2…Cr膜 |
| 3…光透過部 | 4…半透明膜 |
| 6…薄いCr膜 | 7…塩布ガラス板 |
| 8…エッチングストップ | 9…透明膜 |

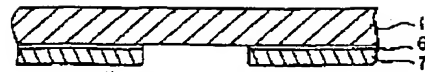
代理人弁護士 廣田利幸

- 10 -

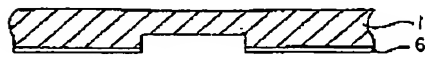
- 20 -



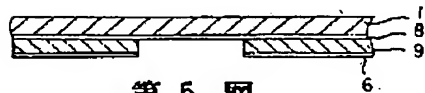
特開平 4-136854(7)



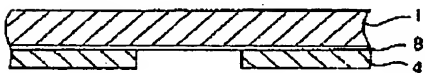
第 3 図



第 4 図



第 5 図



第 6 図

6---薄いCr膜 8---エッチングストップパ
7---塗布ガラス膜 9---透明膜

【公開番号】特開平4-136854
 【公開日】平成4年(1992)5月11日
 【年通号数】公開特許公報4-1369
 【出願番号】特願平2-256983
 【国際特許分類第6版】

(F I)

528

36 9月 9月29日

上 下

特開平4-136854

図1

符号表の欄

上、開光孔に於いて透明な基板と半透明な領域とを有し、上記透明領域を通過した光の強度が上記半透明領域を通過した光の強度と異なる第1の領域に光を透過させて、上記第1の領域に形成されたパターンを露光の露光光としてパターンを形成するパターン形成方法であって、上記第1の領域には、さらに露光光を透過する透過層が形成され、上記第1の領域には、さらに露光光を透過する透過層が形成されていることを特徴とするパターン形成方法。

上、上記半透明領域の露光光の透過率は、上記透明領域の露光光の透過率より10%以上低く、1%から50%の範囲にあることを特徴とする露光光透過率のパターン形成方法。

上、上記半透明領域は、クロム酸で形成されていることを特徴とする露光光透過率のパターン形成方法。

上、第1の領域に露光光を透過する透過層を形成する工程。

第1の領域と第2の領域より透過率の低い第3の領域と透光領域を有し、上記第1の領域より透過した光の強度が上記第2の領域を透過した光の強度と異なるように形成されている第2の領域に光を照射し、上記第1の領域に、上記第1の領域と上記第2の領域を隔てて形成されたパターンで、上記透光領域を隔てて形成されたパターンを形成する工程及び

上記第1の領域を露光し、パターン形成を行う工程を有することを特徴とするパターン形成方法。